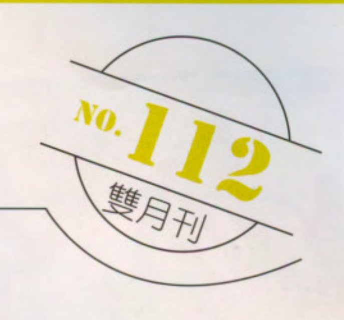


核能
簡訊
雙月刊
中華民國九十七年六月號
No. 112
E II R
GNEP與用過核子燃料再循環
英國的用過核子燃料再處理
核能動力車？
歐洲人怎麼看待核能？
美核能工業為徵才而奔走
核四工程進度改善的幕後推手

核能簡訊

JUN

中華民國九十七年六月號



CONTENTS

出版單位 中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　址 新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　話 （03）5711808
傳　真 （03）5725461
網　址 http://www.nicenter.org.tw
E-mail nic@nicenter.twmail.net
發行人 朱鐵吉
編輯委員 李四海、徐懷瓊、翁寶山、黃文盛、萬永亮、劉仁賢、潘欽、蔡顯修、謝牧謙、鍾堅、顏上惠、蕭金益（依筆畫順序）
主　編 朱鐵吉
顧　問 喻冀平
文　編 鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
美　編 陳慧欣
編印者 信誠廣告事業有限公司
地　址 台北市興安街100號3樓之5

編者的話

在注重環保的今日，處處講求節約能源、資源回收、再利用，希望降低生態環境的負擔，留給後代子孫潔淨、資源充裕的生存空間。同樣地，在許多國家被視為是廢棄物的用過核子燃料，其中蘊藏極為豐富的可用資源。用過核子燃料中的能源物質，足以讓新的3GW壓水式反應器運轉60年，或是讓12GW的快滋生反應器運轉700年之久。

由於目前國際間各種能源成本急速飆升，鈾價同樣也連翻3倍，若能將用過核子燃料進行再處理，取得珍貴的鈾與鈽，不僅是最經濟的處理模式，同時可以大量減少高放射性廢棄物的數量，對環境保護而言更為友善。

美國所發起的全球核能夥伴計畫（GNEP），目的在於發展用過核子燃料再循環的技術，達到減少廢棄物數量、減輕處置場負擔的目標，以及採用新世代反應器、建立國際核子燃料供應網。目前全球主要核能國家都已加入，會員國已達21個，彰顯出用過核子燃料進行再處理已是全球趨勢。

就在全球核能復甦，許多國家正如火如荼地興建核能電廠之際，我國的核四工程卻一再延宕，許多人不禁要問，工程進度為什麼快不了？本刊記者為此特地走訪核四工地，專訪台電公司總綰核四工程的施弘基副總經理，聽其剖析外在的客觀因素—顧問公司設計速度延誤、設計品質不良、包商合約糾紛等，以及內部主觀因素—經驗斷層、專業不足、買辦心態等。施副總自95年2月接手之後，憑著工程師的執著和一股拼勁，帶領精銳團隊一一對症下藥，工程進度由20％至目前的85％，箇中艱辛，非外人所能領會。核四廠若能盡快商轉，就要感謝這群默默付出的幕後英雄。

GNEP與用過核子燃料再循環

◆編輯室

面對全球暖化，核能發電以近乎零排碳的能源之姿，重新躍上主流舞台，獲得各國的青睞。但伴隨核能發電而來的用過核子燃料處理，卻也是各國政府亟需處理的議題。因此美國於2006年號召世界各國，發起「全球核能夥伴計畫」(GNEP)，找尋核子燃料再利用的空間，將使用最大化。GNEP引起各界廣大迴響，截至目前為止，已有包含英、法、日、中等21國加入。

GNEP小辭典

全名：全球核能夥伴計畫 (Global Nuclear Energy Partnership)，簡稱GNEP

發起國：美國

發起時間：2006年

會員國：含美、英、俄、日、中、韓等21國

◆計畫重點：發展用過核子燃料再循環技術，達到減少廢棄物量、減輕處置場負擔的目標；採用新世代反應器，建立國際核子燃料供應網

GNEP計畫背景

美國在1970年代末期，因慮及核武擴散風險，決定暫時中止鈽的再處理和再循環。而後美國政策轉變，決定無限期延緩再處理，並決定採用一次性燃料循環，把用過核子燃料當成廢棄物處置。但無論用過核子燃料是否採行再處理，都需要高放射性廢棄物的處置場。

美國當年反對再循環用過核子燃料，是因為那時的再循環技術會分離出鈽，鈽只要經過簡單的程序加工，就可以作為製造武器的材料。同樣的，鈾濃縮程序若遭誤用，也足以製造高濃縮度鈾作為核子武器之用。

核能發電後產生的用過核子燃料，尤其高放射性物質的部分，一向是社會大眾關注的焦點。各國對於將用過核子燃料再循環或者是當作廢棄物處置，都有不同的作法。

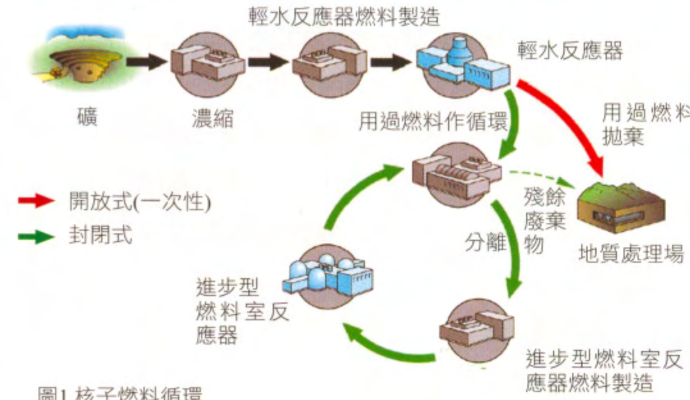


圖1.核子燃料循環

雖然美國決定不再循環核燃料，但世界各國仍致力研究不會分離出鈽的再循環程序，法國、英國、德國和前蘇聯等國仍繼續將鈽做再處理。以法國來說，他們把從用過核子燃料回收的鈽，製成鈽-鈾混合氧化燃料(MOX)，循環一次發電，其餘以錼、鋂和鋦為主的次要錒系元素和用過核子燃料的分裂產物，則在選定最終處置場落腳處前採暫存。

不過多年來暫停燃料循環政策，使得美國在核子科技領域面臨極大的挑戰。因此，自2002年開始，美國開始進行「先進燃料循環倡議」計畫，目標是希望可以提供用過核子燃料除了採一次性燃料循環，還有其他的選擇。

2006年2月美國政府公布了研究計畫轉變－2007年會計年度，包括燃料再循環的預算，都轉投到新計畫－GNEP底下。GNEP把先進燃料循環倡議納入旗下。若再循環研發計畫成功，因為計畫涉及提供他國再循環服務的國家，那麼GNEP將使美國在眾燃料再循環國家中，扮演主動積極的角色。

計畫的假設前提是這樣，只要有國家願意替他國提供鈾濃縮和燃料再循環的服務，那麼核能發電在成本上便會相當具有吸引力，同時，全球鈾濃縮和燃料再循環設施的數量就會減少，並可降低可分裂物質、燃料再循環設施和技術被移作他用的風險。(註1)

GNEP計畫的目的，是將用過核子燃料再循環，破壞裡面的長半化期放射性物質。因此為了達到目標，需要建造三種設施：(1)核子燃料再循環中心：將用過核子燃料中可再用和廢棄物的成分分離，並以可再用的物質製造新核子燃料(2)進步型再循環反應器(快中子反應器)：發電時，將新核子燃料中長半化期元素破壞(3)先進核子燃料循環研究設施：研究用過核子燃料再循環加工過程和其他先進核子燃料循環面向。

美國國內動起來

GNEP計畫雖為世界性，但美國政府也鼓勵國內企業界和社會大眾的參與。GNEP不僅僅是紙上談兵，能源部選出了美國國內11個可能建造前述設施的場址，並且在2007年1月-3月間，舉行了十幾場計畫環境影響聲明(PEIS)監督會議。廣邀社會大眾協助能源部，分析民眾關心的議題和做出合理的選擇。公開的評估會議讓大眾表達意見、詢問問題，並且與能源部官員討論。(註2)除此之外，美國能源部還發放1,000萬美金的獎助金，給11個進行詳細的設址研究的場址。獲獎助的場址將實施設址評估，研究設置核子燃料再循環中心及/或進步型燃燒室反應器的可能性。這些場址已在2007年5月底前完成詳細特性調查，並且送交場址特性報告給能源部。

美國能源部高層表示：「設置這類設施，將可讓美國有效率、安全的再循環用過核子燃料，並且無核武擴散之虞。它們並將建立典範，給各國的能源政策帶來正面效應，除此之外又可以加強國內的能源保安。」等到各地場址協商完成之後，美國就可以進行到計畫下一個階段，實施現場評估和探勘作業。(註3)

GNEP國外合作

美國能源部在2007年9月與中國大陸、法國、日本、俄羅斯在維也納舉辦第二次部



圖2. 美國GNEP國內核設施潛在場址

長級會議，席間並有35國和3個跨政府組織參加，會員國共同簽署原則聲明作為計畫框架。

美國能源部、法國原子能委員會和日本原子力開發機構於2008年1月依據GNEP計畫框架，擴大合作，簽署瞭解備忘錄，共同研究原型鈉冷卻快中子反應器。鈉冷卻快中子反應器發電時使用液態鈉轉移熱，燃燒鈽和其他超鈾元素，生產乾淨安全的核能，並減少廢棄物的產生和提高防止核武擴散的目標。

鈉冷卻快中子反應器技術是先進反應器技術其中之一，並且有可能被GNEP採用，做為再循環反應器。冷卻快中子反應器是用來示範可行性，測試是否可供工業界未來大規模採用。(註4)

除此之外，繼2007年10月發放的1,600萬美金後，能源部於2008年3月底再加碼發放1,830萬補助金給核能工業界。包含核電龍頭亞瑞華、奇異-日立等4家跨國聯合公司，將進行更詳細的技術研發，並將核子燃料再循環的技術分析報告送交能源部。報告將涵蓋核子燃料再循環中心的概念設計研究、研發藍圖、商業計畫、溝通策略。能源部表示，工業界的意見，可以作為GNEP決策和國際合作的參考。(註5)

資料來源：

註1. Review of DOE's Nuclear Energy Research and Development Program, Committee on Review of DOE's Nuclear Energy Research and Development Program, The National Academies Press, www.nap.edu/catalog/11998.htm

註2. http://www.world-nuclear-news.org/newNuclear/310107-DoE_awards_over_10m_for_GNEP_siting_studies.shtml

註3. www.gnep.energy.gov/PEIS/gnepPEIS.html

註4. http://www.ne.doe.gov/newsroom/2008PRs/nePR020108.html

註5. http://www.world-nuclear-news.org/ENF-More_GNEP_money_for_research_310308.html.

圖1：
http://www.nuclear.energy.gov/pdfFiles/factSheets/RecyclingSpentNuclearFuel.pdf

圖2：
http://www.gnep.energy.gov/pdfs/GNEP%20Fact%20Sheet%20-%20Sites%20Affected.pdf

英國的用過核子燃料再處理現況

◆編輯室

★英國現有19座核能機組，占全國總發電量的1/5，不過到2023年時，有1座機組將要除役，而新一代的核能電廠預計在2017年運轉。

★英國第一座商業用核能電廠從1956年開始運轉。

★英國擁有完整的燃料循環設施，其中包括大型的再處理廠。

★由於現有機組已接近運轉年限，為了達成限制二氧化碳排放的需求，基於能源安全的考量，英國政府承諾未來將會提升核能。

再處理

英國的再處理是由核子除役局（NDA）委託國際核子服務的雪拉菲爾德有限公司（Sellafield Ltd）在雪拉菲爾德當地進行。1964年成立一座年處理1,500噸的再處理廠，處理鋁鎂鈹合金反應器（Magnox）的燃料，由於即將於2012年關閉，之後所有的鋁鎂鈹合金反應器都要全部關閉（由於護套的化學反應性，鋁鎂鈹合金反應器的燃料無法長期貯存）。一年處理850噸的洛普（Thermal Oxide Repocessing Plant ,英國熱核鈽鈾氧化物再處理廠，THORP）再處理廠於1994年開始服役，建造成本約18.5億英鎊，用來製造氧化物燃料，在國際間位居領導地位。英國核燃料公司與英國核能集團（BNFL/BNG）的再處理廠，可處理2,160噸進步型氣冷式反應器（AGR）的燃料，不過到目前為止，只再處理了一半的數量。

到2007年年中，洛普廠依照進度處理了1,500噸AGR的燃料；到AGR運轉壽命終止時，計畫將再貯存4,500噸。其實洛普再處理廠可以再處理1,000噸塞斯威爾B廠壓水式反應器的用過核子燃料，只不過合約中沒有如此要求。

表1.英國運轉中的動力反應器機組

反應器機組	型式	每座機組淨容量	開始運轉日期	預計除役時間
歐德布瑞1、2號機	鋁鎂鈹合金反應器	21.7萬瓩	1968年	2008年12月
威爾法1、2號機	鋁鎂鈹合金反應器	49萬瓩	1971-72年	2010年12月
丹吉尼斯B1、2號機	進步型氣冷式反應器	54.5萬瓩	1985-86年	2018年
哈特浦1、2號機	進步型氣冷式反應器	59.5萬瓩	1984-85年	2014年
賀善1、2號機	進步型氣冷式反應器	61.5萬瓩	1985-86年	2014年
賀善3、4號機	進步型氣冷式反應器	61.5萬瓩	1988-89年	2023年
辛克利點B1、2號機	進步型氣冷式反應器	62&60萬瓩*	1976-78年	2016年
亨特斯頓B1、2號機	進步型氣冷式反應器	61與60.5萬瓩*	1976-77年	2016年
托尼斯1、2號機	進步型氣冷式反應器	62.5萬瓩	1988-89年	2023年
塞斯威爾B	壓水式反應器	119.6萬瓩	1995年	2035年
合計：19座機組		1103.5萬瓩		

* 在70%左右不等的功率下運轉



圖1.英國洛普再處理廠空照圖

英國的原子能局曾經在當瑞（Dounreay）建立一座小型的再處理廠，以供作研究用反應器的燃料。

在英國，並不認為鈽的再循環具有經濟性，因此，分離後鈽被無限期地貯存（混合氧化物燃料的成本，大約是製造一般鈾氧化物全部成本的5倍）。

2007年6月，英國除役局（NDA）發表一份報告，著重於在2012年時將有100噸反應器級鈽與6萬噸再處理過與耗乏鈾可使用。鈾分3種：1.六氟化鈾（UF_6）25,000噸：經過濃化後的耗乏鈾尾料。2. 鋁鎂鈹合金反應器3萬噸：將鋁鎂鈹合金反應器的用過核子燃料再處理之後取得的耗乏鈾。3.一般再處理的鈾5000噸：將氧化燃料再處理之後取得。對於用過核子燃料有3種選項可以考慮：1.當作廢棄物放進深地層處置。2.長期貯存。3.當作燃料（或是像燃料一般出售）。以第3種情形來說，用過核子燃料中的能源物質，足以讓新的300萬瓩壓水式反應器運轉60年，或是讓1,200萬瓩快滋生反應器運轉700年之久。「鈾與鈽的宏觀經濟研究」一書提出一個經濟分析的選項，書中並未推薦但是卻註明：如果將用過核子燃料直接當作廢棄物，雖然在鈾的價格低時其單純成本(含廢爐與廢棄物處理的後端營運費用，以現金流量計算)最低，但如果1磅氧化鈾(U_3O_8)的價格超過80美元時則以再循環利用較有利。



圖2. 洛普廠接收與貯存設施內的excellox6號容器被吊起

2007年9月「皇家協會」的報告中指出，為了加速100噸的鈽用作混合氧化物燃料，將會興建新的混合氧化物燃料製造廠。

2007年10月，英國除役局在後續報告中，針對稍早的材料報告中概述的選項提出經濟性的分析—用過核子燃料管理：生命週期分析模式，將3種選項做更長遠的檢視，同時列出目前的鈾價，顯現出再處理並再利用是最經濟的選項。

2008年2月，英國成為全球核能夥伴計畫（GNEP）的第21個會員國，這對整個英國核

能界是全新的作法，同時樂於扮演全球性的重要角色。全球核能夥伴計畫的會員國包括所有1950年代的核能先鋒國、所有聯合國安全理事會國、所有主要鈾出口國，以及除了印度之外所有擁有再處理廠的國家，而英國一直在全球核能夥伴計畫的行列中缺席。

雪拉菲爾德公司

雪拉菲爾德公司代表英國核子除役局管理(=運轉)、雪拉菲爾德與卡彭賀斯特（Capenhurst）2處場址的運轉與清潔。這占了英國核燃料公司早期擁有的大部分設施，尤其是洛普再處理廠與鋁鎂鈹合金反應器再處理設施，以及新雪拉菲爾德混合氧化物燃料廠。一旦原有的合約結束，雪拉菲爾德公司將會盡全力保住這份工作，屆時英國核子除役局就會像2007年10月那時，必須在4個競標者之間協商這份工作。雪拉菲爾德公司與英國核子除役局之間的關係，就如同美國能源部與其承包廠商一樣。



圖3.洛普再處理廠的剪力封裝機

雪拉菲爾德公司很快的成立國際核子服務公司，51%的股份是自有，英國核子除役局擁有另外49%的股份。國際核子服務公司就像是顧客的界面，負責管理超過20家以上電力公司的用過核子燃料再處理與混合氧化物燃料供應的合約，以及將燃料相關產品運送到顧客手上。2007年英國核子除役局宣布，將自2008年4月起完全接管國際核子服務公司。



圖4.氧化鈾貯存桶

英國的用過核子燃料是送到雪拉菲爾德進行再處理，由此產生的高放射性廢棄物以玻璃固化後在這裡貯存。這些廢棄物貯存在混凝土筒倉內的不銹鋼容器中，在進行最終處置之前必須貯存50年，以降低溫度。

資料來源：

1.http://www.uic.com.au/nip84.htm Briefing Paper # 84 March 2008

2.圖1.-圖4.：http://sellafieldsites.co.uk/page/what-we-do/sellafield-site

俄羅斯用過核子燃料再處理的現況

◆編輯室

★俄羅斯的核能持續穩定地成長與擴張，預計在2020年時，輸出電力將至少增加2倍。

★俄羅斯的核能發電效能呈戲劇性地增加，遠遠超過10年前。

★俄羅斯電力需求量遽增。

★電力出口是俄羅斯的主要政策與經濟目標。

俄羅斯的鈾礦是實質的經濟資源，占全世界合理保證資源（RAR）的5%，每公斤達80美元。2007年俄羅斯生產大約3,413噸鈾，但是俄羅斯TVEL核燃料公司表示，到2020年時，生產量必須增加至每年7,500噸鈾，才能因應國內的需求。偏遠地區的生產成本每公斤約60-90美元，俄羅斯將快中子與核子潛艇內反應器VVER440的用過核子燃料再處理，取得其中的鈾約2,500噸鈾，供RBMK反應器再循環使用。

經由用過核子燃料再處理所獲得的鈽也隨之增加，已經累積了大約32噸的鈽將用作混合氧化物燃料（MOX），另有34噸取自軍事物資的武器級鈽，都將作為貝洛雅斯克的BN600與BN800快中子反應器的混合氧化物燃料，所需經費4億美元是由美國支付。其中一部分武器級鈽可能在塞佛斯克研發的MHR高溫氣冷式反應器使用。

俄羅斯的政策是越慢關閉核燃料循環設施越好，利用再循環的鈾與鈽製造混合氧化物燃料。然而，相關的作為卻是很有限。

目前RBMK與VVER1000反應器的用過核子燃料都是貯存的狀態（大部分貯存在廠內），而不是進行再處理。

VVER440、BN600與海軍反應器的用過核子燃料，在「馬雅克化學聯盟」的RT1廠內進行再處理，年產量400噸。馬雅克RT1再處理廠位於歐澤斯克、鄰近基什廷，在烏爾山脈的車雅賓斯克西北方約70公里處。為了容納生產軍事用鈽的5座反應器（最後1座於1990年關閉），這個場址最初的再處理廠在1940年代中期匆忙建成。RT-1廠於1971年開始營運，採用鈽鈾萃取法。近年來，在喪失了一些國外合約之後，RT-1廠大約是以其1/3的容量裝置運轉。大約93%的進貨來源是俄羅斯與烏克蘭的VVER440反應器，3%來自海軍或破冰船，3%則來自BN600反應器。

有一部分已建造比較大的RT-2廠設於西伯利亞的捷列茲諾，目前已經取消而且被拆除，然而可能考量將它納入新的全球核能建設倡議（Global Nuclear Infrastructure Initiative）的一部分。1985年俄羅斯興建一座6,000噸的冷卻貯存水池，VVER1000的用過核子燃料貯存於此，等待進行再處理（主要用來生產軍用鈽的雙目標：石墨緩和式反應器與其相關連的地下再處理廠也設在此）。

俄羅斯前總理普丁於2006年年初提

表1.俄羅斯現有運轉中的反應器

反應器機組	型式V=壓水式反應器	每部機組淨輸出電力(萬瓩電)	商轉日期	關廠日期
巴拉科夫1.2號機	V-320	95	1986年5月 1988年1月	2015年 2017年
巴拉科夫1.2號機	V-320	95	1989年4月 1993年12月	2018年 2023年
貝洛雅斯克3號機	BN600 FBR	56	1981年11月	2010年
比利賓諾1-4號機	LWGR EGP-6	1.1	1974年4月- 1977年1月	2009年 2009年 2011年 2012年
卡里林1.2號機	V-338	95	1985年6月 1987年3月	2014年 2016年
卡里林3號機	V-320	95	2004年12月	2034年
寇拉1.2號機	V-230	41.1	1973年12月 1975年2月	2018年 2019年
寇拉3.4號機	V-213	41.1	1982年12月 1984年12月	2011年 2014年
庫斯克1.2號機	RBMK	92.5	1977年10月 1979年8月	2021年 2024年
庫斯克3.4號機	RBMK	92.5	1984年3月 1986年2月	2013年 2015年
列寧格勒1.2號機	RBMK	92.5	1974年11月 1976年2月	2018年 2020年
列寧格勒3.4號機	RBMK	92.5	1980年6月 1981年8月	2009年 2011年 +20年
諾夫夫洛尼茲3.4號機	V-179	38.5	1972年6月 1973年3月	2016年 2017年
諾夫夫洛尼茲5號機	V-187	95	1981年2月	2010年
史莫倫斯克1-3號機	RBMK	92.5	1983年9月- 1990年1月	2013年 2020年
弗高當斯克1號機	V-320	95	2001年3月	2030年
合計31部機組		2,174.3萬瓩電		

出「全球核能建設倡議」，這與國際原子能總署2005年提出的核子燃料多邊會談（Multilateral Approaches to the Nuclear Fuel Cycle），以及美國提出的全球核能夥伴計畫（GNEP）一致。俄羅斯聯邦原子能局（Rosatom）局長表示，他將俄羅斯成立的4種形式的國際核子燃料服務中心(INFCCs)想像成許多國家出資的合資企業，由國際原子能總署負責安全管制。第一部分是國際鈾濃縮中心，第二部分是用過核子燃料的貯存與再處理，第三部分是專業人員的訓練與認證，特別是核能新興國家。其背景是有協調國際間標準、保防一致化，以及加入國際性組織的需要。第四部分則是研發以及與新科技的結合。（註1）

目前馬雅克再處理的高放射性廢棄物的總量約3億8千9百萬居里，以溶液型態貯存約有11,200立方公尺（2億5千8百萬居里），以漿狀型態貯存的數量約18,650立方公尺（約1億3千1百萬居里）。

馬雅克RT-1廠的顧客國內外都有，用過核子燃料的來源分別是：2座芬蘭的VVER440反應器（每年約25噸）、4座匈牙利反應器（每年約50噸）、寇斯克核能電廠以及諾夫夫洛尼茲電廠的2座反應器。另外有一些用過核子燃料則來自烏克蘭的反應器。（註2）

資料來源：

註1：http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html

註2：http://www.ieer.org/ensec/no-2/diak-eng.html

今後石油天然氣何處覓？

◆許俊男 譯

支撐70年代石油危機後　北海與阿拉斯加油田的衰退

40歲以上的讀者應還記得，在1973年和1979年全世界發生兩次的石油危機，當時每桶原油的價格從3美元飆升到12倍的36美元。第1次石油危機發生時，石油輸出國組織OPEC在世界原油生產所占的比例事實上是超過50%的。

從歐美先進各國事後的檢討知道，在對OPEC的過度依賴下，因OPEC採取禁止原油輸出政策而招致原油價格的高漲，所以曾因天然條件嚴苛而一度猶豫是否要開發的英國和挪威北海油田、美國阿拉斯加油田遂全面地進行開發，因為擺脫OPEC的政策而渡過難關。

此一時期，在北海的福蒂斯(Forties)油田和阿拉斯加的普魯赫灣(Prudhoe Bay)油田--OPEC以外的巨大油田陸續開發，在獨立於OPEC之外的原油調度上作了很大的貢獻。但是，當北海和阿拉斯加油田的開發已經過了30多年的今天，不但油田老化，而且在進入21世紀之後，原油生產量呈現明顯衰退的現象。

30年間並未發現巨大油田

世界三大油田有沙烏地阿拉伯的Gharwar油田、科威特的Burgan油田，和位在沙烏地阿拉伯與科威特間中立地帶的Safaniya-Khafj油田。這些油田都存在中東各國，蘊藏量經確認為數百億到千億桶的超巨大油田。

但是，多數讀者並不知道的事實是：過去30年來全世界並未再發現如上所述的巨大油田。

世界上最大的Gharwar油田發現於1948年，1951年開始生產原油。這巨大油田從生產開始到今天已經過了40年多，已逐漸老化，正處於如果不用注水抽油法(將水注入油層以升高壓力，強制將原油抽到地上的方法)，則無法維持原油生產量的狀況。

目睹這種狀況的石油專家認為，莫非人類可發現的油田已探勘殆盡，現在正處於世界原油產量的最高峰，今後將面臨原油產量的衰退，原油價格將高漲到天文數字。這便是席捲美國報章雜誌和金融界的石油頂峰論。

北海和阿拉斯加油田原油產量的變遷　(單位：千桶／日)

地區	2005年	2006年	2007年
美國阿拉斯加	867	745	765
英國北海	1,806	1,633	1,721
挪威北海	2,969	2,778	2,652

引用：國際能源總署(IEA)2007年5月報告

今後可寄望的地區有中亞、東西伯利亞、西非深海處和北極海

但是筆者並非單純支持所謂「石油今後即將枯竭」的石油頂峰論。其理由可大致列舉兩項。

第一是原油的蘊藏量並不是固定的概念，應該是隨著在該時間點的經濟條件和技術條件而改變的概念。例如像Gharwar油田般的巨大油田，即使未被發現，如果原油價格高漲的話，到今天為止由於不合開採成本而延遲開發的油田也會進行開發。如果能夠因水平挖掘等技術更新而使原油的回收率從原來的20%提升到40%的話，則在同一油田可開採的蘊藏量可增到2倍。

第二是在1980年代以來，確確實實地發現超過100億桶的油田，具代表性的有裡海的Kashagan油田(在哈薩克，蘊藏量100億桶)、ACG油田(在亞塞拜然，蘊藏量100億桶)，和伊朗的Azadegan油田(蘊藏量260億桶)等。

此後油礦的探勘不太有進展，但東西伯利亞、北極海、安哥拉、奈及利亞等西非海上的深海處、美國墨西哥灣深海處等地發現大油田的可能性相當高。就其意義來說，是今後將會繼續發現新的油田，部分石油專家所擔心的石油頂峰，筆者不認為在近期內會到來。

可寄望地區的氣候條件、政治風險、宗教風險仍大，但問題是今後可寄望開發的油田，不是凍原地帶或水深超過1,000米的深海處，就是巨大冰山流動的北極圈等，在開發油田時由於天然條件變得越來越嚴苛，資源開發的成本和風險也會跟著變高。

又在中東地區，即使伊朗、伊拉克的巨大蘊藏量可期，中東各國在政治、宗教上的風險依然很高，歐美的石油企業無法輕易介入石油的開發。另外可期待開發油田的奈及利亞和安哥拉，反政府運動和內戰仍持續著，以民主主義為第一考量的歐美各國，繼續處於無法積極開發油田的狀態。

關於伊朗的Azadegan油田，即使龐大的原油蘊藏量已被確認，伊朗Mahmoud Ahmadinejad總統擬繼續開發核能也是障礙之一，即使日本的國際石油開發擁有85%的權益，在2006年秋其權益已縮小到只剩10%，到了現在也處於無法開始開發的狀況。

就其意義來說，如英國著名的地質學家Colin J. Campbell所主張，世界的石油生產頂峰在2010年到來的可能性變小，但是隨著今後開發油田的天然條件變得嚴苛，在政治上、宗教上的風險偏高，伴隨開發的風險和成本更進一步增加的可能性很高。我們在今後，必須充分地發揮石油的可利用性，並將珍惜能源的觀念銘記在心。

譯自Energy Review，2007年11月號
(譯者為國立清華大學退休教授)

核能動力車？



◆編輯室

核能動力車跟核能動力船原理不盡相同，但近來將核電運用在車輛上已有重要進展。

- 通用汽車表示，未來的汽車市場將由電力主宰。該公司傾全力發展Volt概念車，希望能在2010年前量產
- 氫氣公車目前僅在幾個城市試行，BMW有7系列的氫氣車
- 南非小型核反應器的研發熱潮，主要起因於工業應用，將反應器產生的熱，作為汽車燃料(合成油和氫氣)

從油電混合車到充電式油電混合車

最近由於油價飆漲、環保意識抬頭，使得油電混合車汽車研發規模更形擴大。油電混合車已上市數年，技術相當成熟可靠，市場接受度也高。全面混合動力車(full hybrid)的電池，是由內燃機和再生煞車系統充電(譯註：煞車時耗損的動能可轉為電能，作為行駛之用)，並可採雙充電系統其一或兩者駕駛，這類汽車需要體積較大、電壓較高的電池。最為廣人所知的油電混合車是豐田汽車的Prius。由於Prius有精密的動力和控制元件，只靠電池(1.3度電)的路程相當有限。通用汽車Volt車款，則主要搭載車上型內燃機引擎來充電。

目前仍在研發中，並且有可能在2020年前對電力需求產生重要影響的，是電池體積比現行油電混合車大多了的充電式油電混合車(Plug-in hybrid-electric vehicles,簡稱PHEV)。豐田的PHEV Prius conversion電池容量約有9度電，通用Volt則有約16度電，單用電力約可行駛65公里。美國環保汽車公司Fisker將在2009年上市的車款，則可在內燃機啟動前行駛80公里。Tesla和其他公司則預計將有35度電的電動車問世。

用電池系統模式即可應付PHEV大部分的駕駛，尤其是短途，也就是說行駛過程零排碳。大部分的電力可由電網供應。每噸質量的電力消耗約為0.3度電，但缺點是，PHEV車上的電池由於體積龐大，重量也很驚人。優點是在離峰時段，PHEV可使用電網的基載電力如核能(有效抑制碳排放)來充電，且價格低廉。也因此，PHEV可以擺脫對石油的依賴並減少空氣污染。福特汽車曾估計，消費者



購買PHEV的額外價差，約可在7年內回收。

傳統汽油可儲存的能量，約為鎳氫電池的400倍。因此電動車的電池技術是PHEV和全電力車的發展關鍵：容量要高、價格要低、質量低、使用壽命也要長。豐田Prius使用的鎳氫電池研發成熟，因此能用更少的質量生更多電力，為以往每質量發電量3倍的鋰電池，吸引了通用和Fisker車商的目光，福特的PHEV預計也將採用鋰電池。

汽車燃料生產

氫氣車一向是目光焦點之所在，但是在廣泛使用成為汽車燃料之前，還是有很多現實的限制須待克服。短期以內，核能產熱應用在從煤製造出合成油。費希爾-特普希法為1920年代德國發展的技術，在二次大戰期間提供德國大量燃料，後來演變成南非Sasol公司製油的基礎，現在提供南非3成石油和柴油燃料。然而，該公司是利用水轉換反應，將煤炭氣化製造氫的主要使用者。氫氣來源之一的核能，伴隨核反應過程產生的熱，會使來自煤的液體碳氫化合物加倍，並有效抑制過程中產生的二氧化碳。

核能發電產氫的方式有很多種，最容易理解的是電解水或電解蒸氣。但以長遠來看，目標是在攝氏950度使用核能產熱，以熱化學方式從水製造出氫氣。

而關於氫氣，未來暫時只有內燃燒引擎技術，能以經濟的價位製造氫氣。BMW已生產百部7系列的氫氣車，其中1/4在美國作為測試計畫用。在實驗計畫中，該批車輛已經有200萬公里的里程數。BMW目前是唯一使用液態氫氣的車商。

氫氣在交通上的應用，最終可能會在燃料電池上。所謂的燃料電池，是指可添加燃料的電池，使電力成為化學反應直接產生的產物。一般電池內的活性材料是在工廠內製造，但燃料電池則是從外部補充燃料。科學家在相對低溫直接催化氫氣的氧化作用，使成為電，並且宣稱可將化學物質轉化成電力，驅動車輪，理論效率達60%以上。然而除了固體氧燃料電池可達到46%的效率之外，實際上使用，僅能達到宣稱效果的一半。

氫氣做為汽車燃料最主要的問題，是車上貯存。把氫氣當汽油或液化天然氣一樣貯存，根本是不可能的任務。能做的選擇，就是把氫氣高壓貯存在低溫的環境中，或以化學方式貯存為氫化物。雖然替汽車加「氣」是比較間接的方式，但後者的方式似乎較為可行。氫氣加壓貯存是現行普遍使用的技術，跟汽油相比需要10倍體積量(以一般大氣環境壓力的345倍加壓3,450萬帕、5,000磅/平方吋)。這種技術的缺點，在於貯存系統設計會使重量過重，比實際保存的氫氣重量重達50倍，科學界的目標是在2010年前，使重量降低到20倍左右，也許在未來可以降到10倍。

氫氣初期在交通方面，可能會應用在公車或卡車上，實驗車輛已經在全世界許多角落上路。這些氫氣車是由中央統一加「氣」，因此可以避免需布設零售加氣站的麻煩。除此之外，在空間充裕的大型車輛上貯存氫氣，會比在汽車上方便許多。

預計未來15年內，充電式油電混合車的需求會更加殷切，也使得零排碳基載電力的需求增加。英國首席科學家也同意這個觀點，他表示，在2025年的核電容量需求將有一定的成長。

資料來源：" Nuclear-Powered Cars," January/February 2008, Newsletter, Australia Uranium Association







倫敦核能計程車







即將上市

◆編輯室



錳青銅公司的TX4計程車

這家公司將倫敦的黑色計程車發展成電動型式，在交通擁擠的都會地區推動「零排放都會計程車」的想法

位於英格蘭中部考文翠的錳青銅（Manganese Bronze）公司，已經同意唐菲爾德公司將TX4倫敦計程車發展成電池動力型式的計程車—TX4E。唐菲爾德公司隸屬於史密斯電動車輛公司，希望能成為世界最大的商用路跑電動車製造商。

新計程車預計於2009年中上市，將可取代英國首都2萬輛有營業執照的計程車。最高時速可達80公里，一顆電池的續航力達160公里，TX4的動力來自進步型電動傳動系統以及一個磷酸鐵鋰離子電池包件。

唐菲爾德公司向「世界核能新聞」(WNN)表示，這項全電動系統的新技術已經過唐菲爾德/史密斯公司的證明，在離峰時段充電6-8小時，而且可以在1小時內快速補充電力。營運成本預計大約是現有TX4柴油引擎款式的一半。

核能提供英國19%的發電量，而倫敦1/3的基載電力亦來自核能。

資料來源：
http://www.world-nuclear-news.org/EE-London_to_get_nuclear-powered_taxis_3004082.html?jmid=5385&j=109399871&utm_source=JangoMail&utm_medium=Email&utm_campaign=WNN+Daily+30+April+2008+%28109399871%29&utm_content=lora%40nicenter%2Eorg%2Etw



歐洲人怎麼看待核能？

◆劉東山

自1973年以來，歐盟一直透過歐洲民意氣象台(Eurobarometer)，針對不同公共議題進行大規模民調，以便充分掌握會員國民眾的意見，做為政策制定的重要參考。歐洲民意氣象台曾在2006年11月，針對核能議題於25個會員國中進行民調，結果於2007年2月發表。民調報告洋洋灑灑共112頁，由於國情不同，特就國人較可能有興趣的部分加以摘要轉述，讓國人了解遠在天邊的歐洲人，對核能究竟是怎麼想。

該民調分下列5大部分進行，分別設計問卷：

1.核能的認知程度

- 核能的價值
- 核能的未來

2.核能安全的認知程度

- 是優勢或風險？
- 風險程度評估
- 認知風險的因子

3.核能爭議的理解度

- 國內有運轉中的核能電廠？
- 國家政策是否要終結核能？
- 國家是否已針對放射性廢棄物管理做出政策性的決定？
- 放射性物質的使用情況？
- 國內有多少電力是由核能供應？

4.核能及核安資訊調查

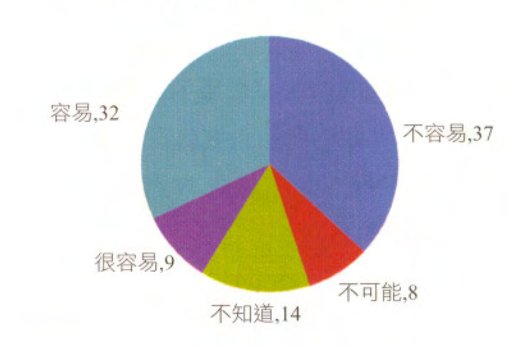
- 核能相關資訊被告知的程度
- 資訊的正確程度？是否足夠？媒體及學校
- 最信任的資訊來源

5.政策制定及參與意願

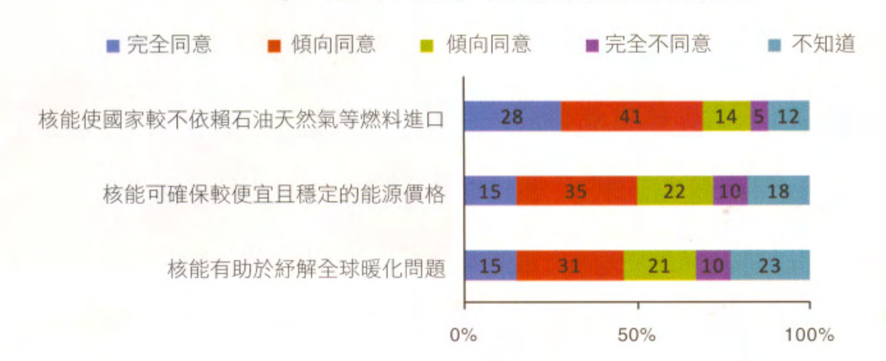
- 歐盟與國家的角色定位
- 決策過程參與？

以下是較有趣的問卷及結果：

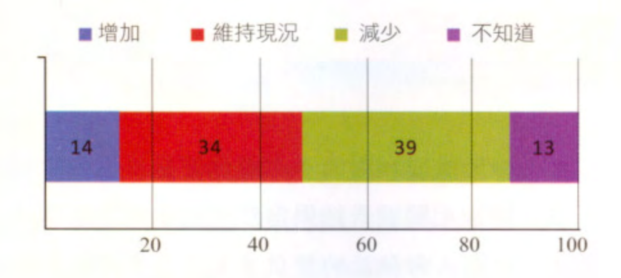
Q1：你認為在歐盟國家中，核能可被再生能源或節能措施取代嗎?(%)



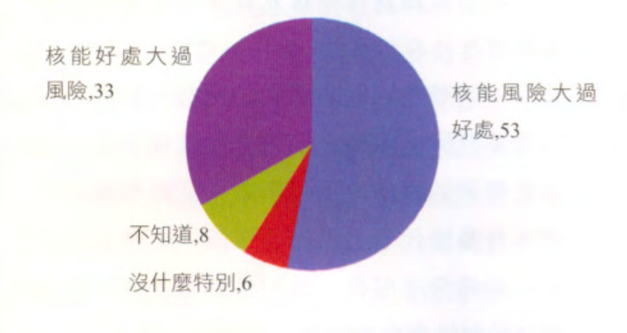
Q2：對以下核能貢獻敘述的同意程度(%)



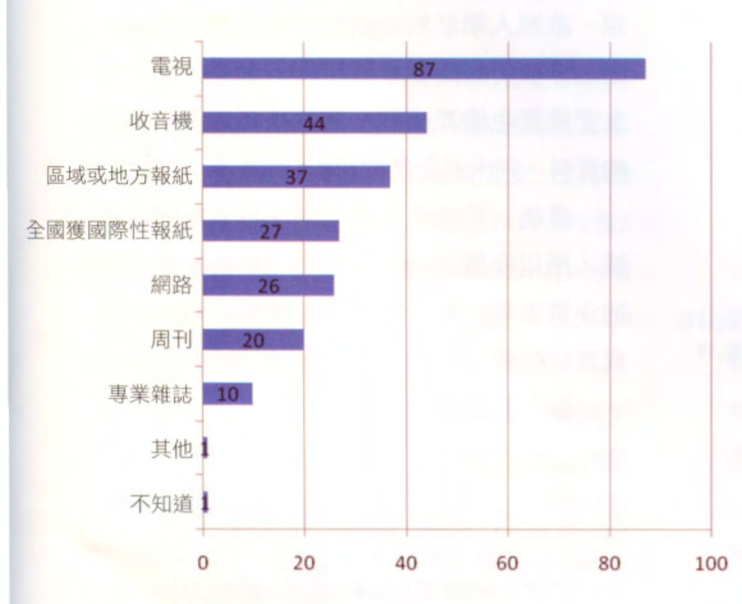
Q3：您認為目前核能占能源比重是否應改變?(%)



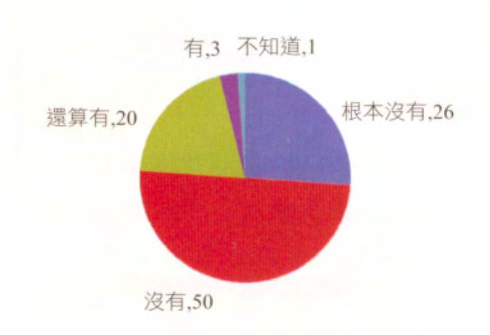
Q4: 一提到核能，什麼概念湧現心頭?(%)



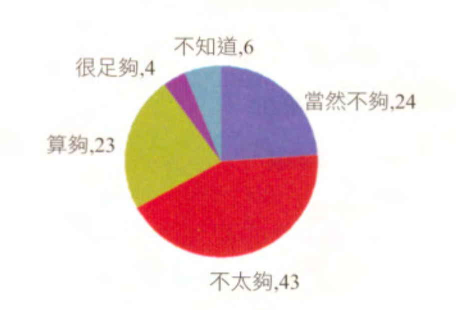
Q6：核能資訊來源(可複選)(%)



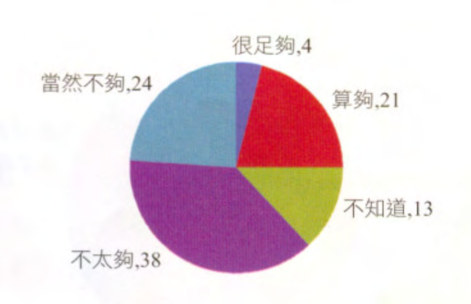
Q5：有關核能發電的安全，你認為有被充分告知嗎?(%)



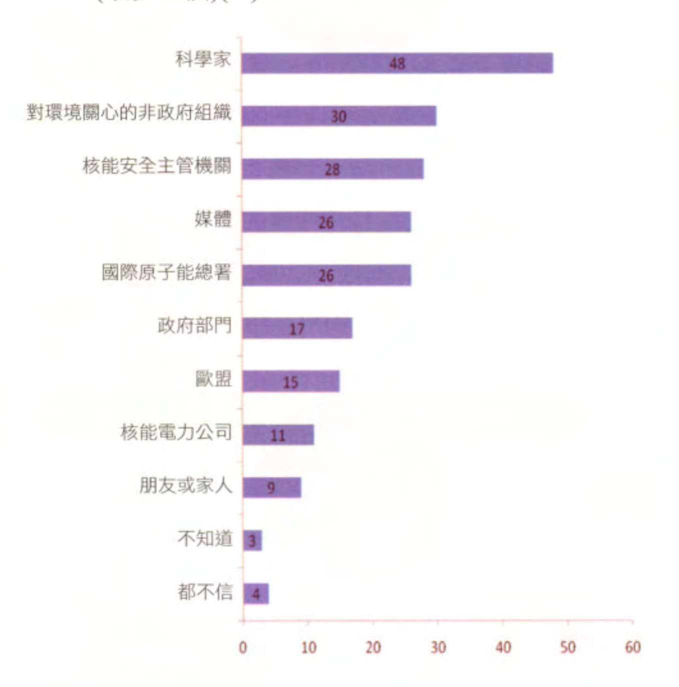
Q7：媒體針對核能風險或好處的報導，是否足夠您做相關判斷？(%)



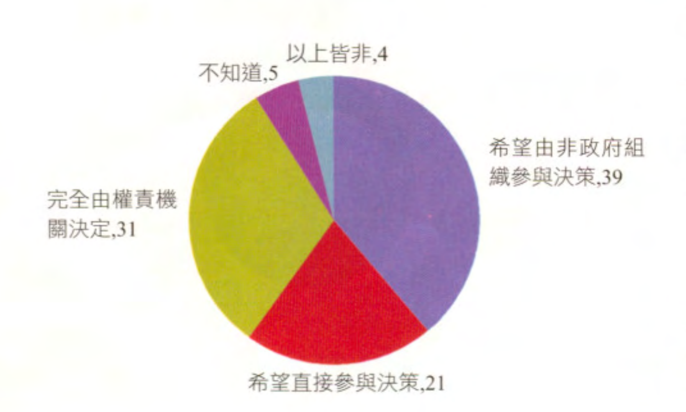
Q8：學校對能源選擇的風險與好處(尤其核能)的教育是否足夠?(%)



Q9：您最相信下列何者提供的核能資訊?(最多三個)(%)



Q10：針對國家能源發展或更新(包括核能使用)您較喜歡以下哪一種方式?(%)



由於歐盟25國內並非每個都是核電使用國，所以相關調查結果自然有所不同。基本上，歐洲人對核能的價值多數是持肯定的態度，尤其在確保能源獨立自主、穩定能源價格及對抗全球暖化貢獻上更為明顯，但歐洲人也不全然認為增加核能比重，是解決歐洲能源問題的不二法門。

核能潛在的危險經常是民眾不願支持它的重要原因。歐洲人似乎認為核能的風險大過它帶來的好處，而且多數人認為核能對他們本身及後代子孫是一項風險。這種恐懼似乎與恐怖分子威脅、放射性物質誤用及無法解決放射性廢棄物等問題有相當的關連。

歐洲人普遍認為對核能安全的瞭解不足，並認為被告知的不夠多。針對資訊來源，歐洲人顯然較相信科學家及關心環境問題的非政府組織對相關問題的意見陳述，對主管機關也還算相信，至於核能業者所提供的資料，則未必全然相信。

最後，可能是核能問題不容易很快弄清楚，所以多數人缺乏意願自己參與核能相關的決策過程，但希望專家學者或非政府組織成員能在過程中，代表民眾陳述意見。

以上是歐洲人對核能的意見，台灣人的呢?

資料來源：
http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_271_en.pdf

（本文作者為中華民國駐法國台北代表處OECD Nuclear Energy Agency副組長）

美核能工業界為徵才而奔走

◆許俊男 譯

美國在今後10年內，將面臨核子反應器運轉、維修、輻射防護、核子燃料設計等核能領域技術人員的大量退休潮。此退休潮剛好是美國核能發電業者準備經濟簡化型沸水反應器核能電廠建造的重要時期。

因此美國的核能工業界正為補充退休的人力而忙碌。不只是核能業者，核發許可證與審查的管制當局、辦理繁複許可手續的顧問公司、承包電廠的維護管理和建造公司徵才的需求也大增。

根據在美國北卡羅萊納州的調查，位於威明頓的奇異-日立核能公司在過去3年間為新型核能電廠錄用了500名技術人員，預計今後5年間將再增加900名員額。在沙洛特的杜克(Duke)能源公司預定今後1年內錄用200人。在勞利的進步(Progress)能源公司去年雖已錄用了140人，但今年也計畫錄用相同數目的員額。

NRC(美國核能管制委員會)不只需要審查美國核反應器的檢查官員，為了確保供應美國核能電廠機器設備的國外製造商的品管工作，也在徵求品管的調查官員。NRC去年錄用了441人，今後3年也預計錄用600人以上。NRC的主席D. Klein指出，「就管制者及業者而言，人才培育是今後10-20年所要因應的重要課題之一。」

美國其他多數學校的核子工程學院正在消失中，但在北卡州立大學的核子工程學院，已渡過因裁減員額而造成的低迷時期。現在，史上最高名額的196名學生，以高薪又有保障的專業之姿進入核能工業界而受到矚目。

北卡州立大學核子工程學院的學生們，一面在校內的核子反應器磨練技術，一面於休假時在進步能源公司和杜克能源公司的核能電廠進行有給職的運轉實習，以累積經驗。這些學生可實際感受到核能電廠的安全性，而且對電力公司來說，也可成為最好的活廣告。

雖然每種工業都有景氣起伏，但美國的核能工業已經歷過特別嚴苛的時期。在核能發電野心擴張的1970年代，銀行貸款利息不但上升到2位數，而且施工費用也暴漲。再者，1979年在賓州發生的三哩島事故，致使核能工業的形象惡化。取消招標的雖不只是核能電廠，但從計畫中到施工中的核能電廠，超過100座機組的建造計畫被迫葬送掉。

由於採用新型反應器的建議被擱置，當時的核能工業從業人員，逐漸流失到較有希望的其他領域。現在美國從事核能工業人員的平均年齡在50歲左右，其中多數希望能在55歲屆齡退休。歷經半世紀、肩負著美國核能電廠專業技術人員中的35%，即約19,600人預期在5年內將退休。

到目前為止，在核能工業界各公司間雖然少有對技術人員挖角的現象，但因這次具爆炸性增加的徵人潮，核能技術人員的「動靜」變得活躍起來。進步能源公司核能部門的主管J. Scarola指出，優秀的人才已被美國NRC、奇異公司、西屋公司網羅走了。該主管又指出「徵人市場的競爭正在激烈化當中，學生再也無法等到明年5月畢業，就申請利用在聖誕節假期中工作已非奇聞」。

資料來源：日本原子力產業新聞，2008.3.27，第2422號

（本文譯者為清華大學醫環系退休教授）

披星帶月 兼程趕工 核四工程進度改善幕後推手

◆編輯室



圖1.施弘基副總經理

說起核四廠，幾乎就牽動全台灣民眾的敏感神經，而核四興建計畫是台電公司目前發電計畫中最重要，也最受矚目的工程。核四廠興建計畫自民國69年提出之後，歷經2次停建2次復建，由於政治、社會因素的紛擾，工程延宕至今近25年，已嚴重影響到台電公司供電及獲利能力，尤其在化石燃料價格飆漲的今天，核四廠是否能及時順利完工發電，對台電公司的營運績效至關重要。

為了核四，排除萬難

為了使核四廠能儘速、儘善完工，將台電公司的損失降到最低，出身核工專業背景的陳貴明董事長，深知唯有身兼建造與營運實務經驗的老手才可擔此重任。所以從94年10月起，總共找當時任職核三廠廠長的施弘基懇談3次，希望借助他過去的經驗，常駐核四工地，協調龍門計畫相關單位，共謀解決問題的對策，改善工程進度。施廠長衡量自己的能力以及距離退休所剩時間不多，幾度猶疑，最後，為了回報公司幾十年培育之恩，義無反顧地終於接下這付重擔，95年2月9日陳董事長也親自陪他前來核四工地報到。

施副總自民國56年服完預官役後就進入台電火工處大林分處，全程參與大林電廠建廠工程，在汽機課工作4部機，鍋爐課1部機。民國64年底大林5部機順利竣工商轉，大林分處功成身退，分處的同仁大部分調往當時尚未完工發電的金山分處及協和分處繼續努力。施副總則調回火工處，半年後再調到台灣最南端的恆春，全程參與核三建廠，後來再又跨入核能電廠營運的領域，總共累積了20年火力與核能電廠建廠及19年核能電廠營運的實務經驗。

跟隨施副總赴核四跳火坑的還大有人在，例如一直指導他的老長官，已退休的前核安處長宋森祥、龍門施工處處長邱德成、核四工程督導組組長林俊隆。他們來自不同單位，相同點是他們都具有無比的熱忱、毅力與堅強的意志，而且也都是身懷核能電廠建廠設計施工、試運轉、電廠營運等實務經驗的好手。他們不計得失，一切只為了盡快讓核四廠安全地運轉起來。

工程為什麼快不了？

核四的核島設計者和NSSS設備供應者是同一家美國公司，BOP設計者是另一家美國

公司。核四進度無法加快的最重要原因是美國已有30年沒蓋核能電廠，核能人才流失，他們的設計進度及關鍵的儀控設備交貨進度一再延遲，細項如下：

1.外國持照（有N stamp）廠商轉包制度不易節制，責任層層轉嫁，計畫整體目標（顧此失彼）受到阻礙，不易達成（品質、工期、預算）。
2.出圖速度遲緩，設計修改太多又太頻繁。
3.開出的設備規範及材料規範不當，使台電採購遭遇很大困難。
4.設計的管路、導線管、電盤、儀控盤等衝突而無法施工的地方太多，改正設計的速度又太慢。
5.設計保守到施工非常困難。
6.顧問公司未盡責任，不但引起台電和國內外承包廠商的合約糾紛，更刻意製造各種壓榨台電的理由。
7.儀控設備交貨延遲。


圖2.核四廠反應器壓力槽的吊裝



圖3.核四廠汽輪發電機安裝的情形

例如DCIS電盤的交貨一再延遲的情形：

DCIS電盤供貨會議日期(An)	供應商承諾送貨日期(Bn)	交貨時程Bn-An	延遲的時間Bn-Bn-1
2003.01 (A1)	2005.03 (B1)	26個月	
2003.11 (A2)	2005.12 (B2)	25個月	9個月
2005.03 (A3)	2006.06 (B3)	15個月	6個月
2005.06 (A4)	2007.06 (B4)	24個月	12個月
2006.09 (A5)	2007.11 (B5)	14個月	5個月

解決之道

面臨上述錯綜複雜的難題，施副總帶領的龍門計畫團隊殫精竭慮，不斷解決層出不窮的問題，全力追趕施工進度，從當時僅僅20%到目前的85%，以下就是採行的一些方法：

1.建立主導解決設計缺失的能力

台電公司核技處駐工地的設計辦公室向顧問公司澄清設計不合理之處，要求迅速回應，主導解決各項設計衝突無法施工的問題，補充設計遺漏的部分。設計辦公室經理要求核技處的承辦人員，接到任何設計案件時，應立即到現場會勘，必須在1天之內擬定初步立場，送交施工處，目前速度上已經可以因應現場施工的需要。

2.回歸合理的設備材料規範

迅速檢討設備材料的功能要求，在允許範圍內，改採優良的國產品，減少廠商備料的困難度。

3.迅速而合理的合約爭議調處

研定「核四工程合約爭議處理參考案例」，可有效統合台電及國內承包商雙方的意見，迅速達成解決問題的共識，解決爭議時間大幅降為3個月(約降3倍)。管理費補償反而較過去仲裁案更少(約降為44%)。大幅縮短調解的時程，因此可以盡快推動後續工程。

4.建立足夠的施工團隊

施副總剛到核四工地時，每日施工的包商約1,600人，目前已達到每日4,500人。另外，龍門施工處(350人)、核能技術處(150人)及已經成立的核四廠(350人)，台電自己的施工團隊約有850人。

目前工程進度

核四工程的排程是參考過去台電及日本建廠經驗而定，但是核四遭遇的問題比日本更多。在目前的情況下，處理設計改正、設備材料規範合理化、合約爭議，在安全的前提下，速度是第一考量。

執行設計改正，修訂設備材料規範，處理合約爭議，建立自我施工團隊，都必須和過去的保守文化對抗。有時會涉及部分廠商的既得利益，引起媒體、立法委員、調查局或主管機關的介入，因此施工處的主管必須具有高度的工程建造、核能法規、商務專業等能力，瞭解核能工業現狀，以堅強的意志強力主導，才能達成預定的完工目標。

目前核四廠1號機預定98年年中發電的目標不變，督導組長林俊隆很豪邁的說：「這個目標相當具有挑戰性，我們會全力以赴。」

問題的根源在「理想主義」的幽魂無所不在

施副總表示，理想主義者的想法很單純，其特點是：

1.只要合約訂得周密，一切責任加給對方，對方就會好好的做。

2.只要有三級品管制度，品質自然無虞。

3.業主不可對顧問公司的設計表示意見，否則變成替對方的工作負責。

4.基於以上理由，因此業主不必有專業。

5.結論是工程統包最好，從設計到建造到試運轉都由廠商一手包辦，業主一邊乘涼等待收割。

建立核安文化

廠商的表現是看業主的專業而定，業主昏庸，廠商最是高興，可以予取予求。所以理想主義者的期待必須有高度道德情操的廠商才能配合達成，而有高度道德情操的廠商實在是可遇不可求。因此，為了掌握自己的命運，業主必須具備下列的安全文化素養：

1.質疑的態度
2.注意細節
3.追根究底的精神
4.遵守倫理紀律

業主有安全文化素養才可能精明，而業主精明，廠商才會公平對待。業主沒有專業是廠商最樂於見到的情形。

結語

訪談過程中，施副總一再語重心長地表示，全世界都不可能擺脫核能發電，台灣無自產能源，更不可能放棄核能。核能技術必須在國內生根，有技術才能擺脫依存性的人格障礙，才能真正達到核安的目標。

施副總強調，即使現在開始規畫新的核電機組，最快也要10年以後才能交貨。日本以4年1部機組的速度穩定成長，預計達到60%的發電占比；韓國的核能發電目標同樣也是60%。對岸的中國大陸新建核能電廠的速度更是驚人，預計到2050年時將達2億瓩。希望台電公司藉由這次興建核四廠的寶貴經驗，能將核心技術傳承下去，打造未來新建機組的知識力。



圖4.1號機主變壓器運抵核四工地



圖5.1號機主控制室一景

核四廠工程 進度報導

◆編輯室

核四工程總進度至97年4月底為79.58%（註1），較97年3月底進展1.2%，各分項工程進度詳如下表：

	總進度	設計	採購	施工	試運轉
比例	100%	19%	15%	58%	8%
1號機	84.18%	95.92%	99.97%	83.40%	33.28%
2號機	77.02%	89.86%	99.11%	75.31%	17.40%
合計進度	79.58%	92.87%	99.54%	77.50%	25.66%

註1：依行政院於95年8月21日核定本計畫第1、2號機商轉日期調整為98年7月15日、99年7月15日(相關數據由台電公司提供)。

資料來源：http://www.aec.gov.tw/upload/1210575163LM9704.pdf

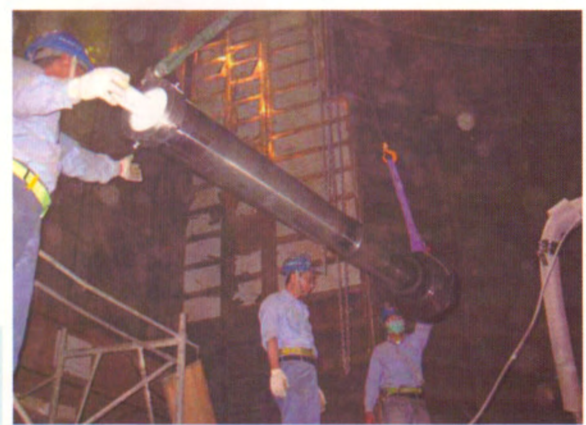


圖1. 1號機爐內泵葉輪安裝作業

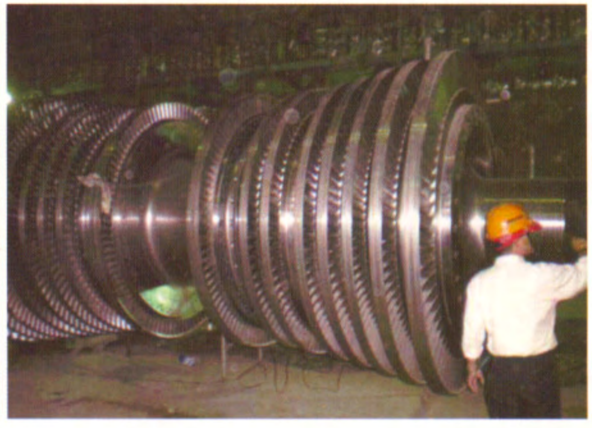


圖2. 1號機高壓汽機轉子維護保養作業

97年第1季 台灣地區環境輻射監測報導

◆編輯室

馬祖
金門
澎湖
綠島
蘭嶼
石門 0.057 2008/5/13 15:05
三芝 0.057 2008/5/13 15:05
石崩山 0.066 2008/5/13 15:05
茂林 0.047 2008/5/13 15:05
陽明山 0.058 2008/5/13 15:05
龍潭 0.058 2008/5/13 15:05
台中 0.066 2008/5/13 15:05
金門 0.083 2008/5/13 15:05
阿里山 0.100 2008/5/13 15:05
台南 0.069 2008/5/13 15:05
高雄 0.056 2008/5/13 15:05
龍泉 0.056 2008/5/13 15:05
大光 0.052 2008/5/13 15:05
金山 0.067 2008/5/13 15:05
龍門 0.054 2008/5/13 15:05
貢寮 0.048 2008/5/13 15:05
澳底 0.052 2008/5/13 15:05
宜蘭 0.072 2008/5/13 15:05
野柳 0.048 2008/5/13 15:05
萬里 0.067 2008/5/13 15:05
大鵬 0.062 2008/5/13 15:05
大坪 0.067 2008/5/13 15:05
台北 0.062 2008/5/13 15:05
台東 0.055 2008/5/13 15:05
蘭嶼 0.045 2008/5/13 15:05
恆春 0.066 2008/5/13 15:05
墾丁 0.053 2008/5/13 15:05
後壁湖 0.054 2008/5/13 15:05
單位：微西弗/小時(μSv/h)
說明：
0.2微西弗/小時以下：一般背景輻射範圍
0.2～20微西弗/小時：加強偵測調查
20微西弗/小時以上：執行輻射緊急偵測

圖2.環境輻射監測站設置地點與監測資訊公布

為確保核能電廠周圍民眾健康與安全，原能會所屬輻射偵測中心執行環境輻射監測計畫，定期採取核能電廠周圍環境的空氣、水樣、土壤、岸沙、生物與農畜產物等試樣進行各項放射性核種分析。

為使社會大眾能清楚了解該中心在本季執行核一廠、核二廠、核三廠的環境監測情形，以簡易圖形來表示各類試樣測值與歷年監測結果進行比對，各項監測結果分述如下：

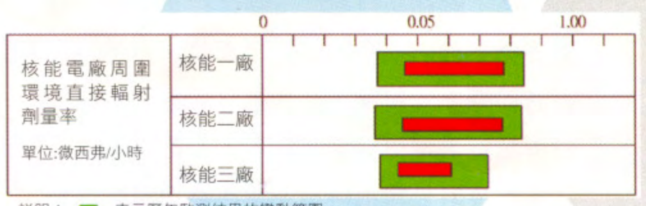


圖1.核能電廠周圍環境直接輻射劑量率與歷年監測結果比較圖

直接輻射

在各核能電廠周圍環境布放熱發光劑量計(TLD)來度量環境中直接輻射劑量率，本季核一、二、三廠的輻射劑量率介於0.040至0.077微西弗／時，均在環境背景變動範圍內，與歷年監測結果的比較結果(圖1)。

另外，在全國設置28座輻射自動監測站，全天候24小時自動化監測環境輻射量，地點分布與監測結果(圖2)。

環境試樣放射性分析

(一)空浮微粒

在核能電廠上、下風向設置定流量連續抽氣機，採取空氣試樣進行放射性核種分析，總貝他活度均低於放射性落塵警戒值(9×10^3毫貝克／立方公尺)。

(二)水樣

我國核能電廠均利用海水作為冷卻水，因此定期採取海水及淡水(飲用水、河川水、地下水、池水)試樣進行放射性核種分析。氚活度小於最低可測活度(MDA)至1.09貝克／升，在環境背景變動範圍內，與歷年監測結果的比較結果(圖3)。

(三)農畜產物、海產物

為了解在核能電廠所在地民眾攝食的輻射安全，採取農畜產物、家禽類、葉菜類、甘藷與季節性試樣；另外也在核能電廠出水口與鄰近海域生採取海魚、海藻及貝類等試樣進行放射性核種分析。本季在農畜產物銫137活度小於最低可測活度(MDA)至0.2貝克／千克。海產物銫137活度小於最低可測活度(MDA)至0.1貝克／千克，與歷年監測結果的比較結果(圖4)。

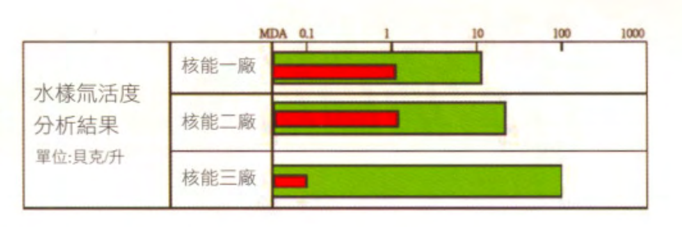


圖3.核能電廠周圍環境水樣氚活度與歷年監測結果比較圖

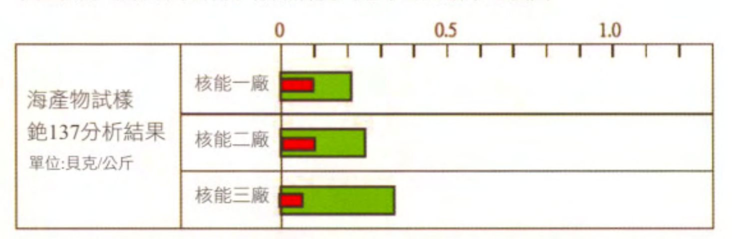


圖4.核能電廠出水口與鄰近海域海產物試樣銫137活度與歷年監測結果比較圖

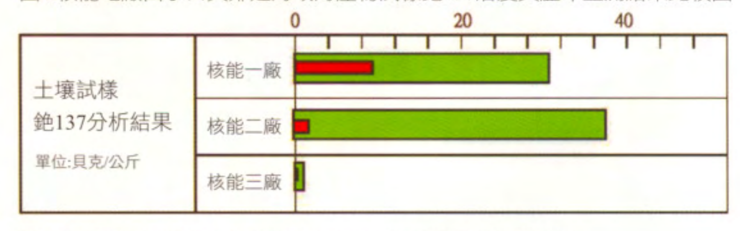


圖5.核能電廠周圍土壤試樣銫137活度與歷年監測結果比較圖

(四)累積試樣

為了解放射性核種在環境中長年累積的變動情形，採取土壤、岸沙試樣進行放射性核種分析。本季土壤試樣銫137活度小於最低可測活度(MDA)至10.0貝克／千克，土壤試樣與歷年監測結果的比較結果(圖5)。

結語

綜合本季各項環境試樣的監測結果，均在環境變動範圍，評估各核能電廠周圍民眾所接受的輻射劑量，均符合法規劑量限值，無輻射安全顧慮。

民眾可透過輻射偵測中心網站http://www.trmc.aec.gov.tw查詢全省各地即時監測資訊。

美國核能好年冬

根據初步的數據顯示，2007年全美104座核能反應器，創下了平均容量因數91.8%的最高紀錄，並且包括燃料、運轉以及維護各方面的生產成本，也創下8,070億度電，每度電力發電成本1.68美分的最低紀錄。NEI 02/06/2008.

英國政策聚焦核能 為放射性廢棄物定價

英國政府日前公布未來核子廢棄物的營運和處置措施。核能電廠營運者在電廠動工之前，必須先提出詳細估價的除役、廢棄物營運和處置計畫。跟其他國家的作法大致一樣，營運者必須分階段提撥經費到獨立安全的基金內。英國政府則會設定處置中放射性廢棄物和用過核子燃料的固定單位價格，價格包含風險補貼，且會隨通膨提高。政府也將接管放射性廢棄物並負起處置的責任。英國將在2008年成立新的「核子責任籌資保證委員會」，負責對各式計畫和訂定費用提供意見。委員會可提供相當程度的精算功能。

然而關於核能電廠營運產生的低放射性廢棄物，仍需要營運者自行負責處置和籌措資金。其他的廢棄物和除役費用，將會由各電廠營運者設置的獨立基金提供。廢棄物固定單位價所得款項將注入獨立基金內並隨著其他準備金組成其主體的一部分。電廠營運者引頸期盼的中、高放射性廢棄物通用固定單位價格，最快可在2009年中出爐。但最終版本還需經提案討論底定。BERR Consultation document Feb 2008.

英國政府公布核能電廠廠址 徵求建廠提案

英國核子除役局公布可新建核能電廠的廠址。地點包括兩處將在3年內關閉的核能電廠和17處多為除役後的廠址。核子除役局指出，公布廠址和徵求建廠計畫，不代表將在稍晚進行的策略廠址評估流程會被取代。另外，核子除役局亦公開徵求接管政府位於春田(Springfields)的燃料製造事業提案。

英國核電龍頭－英國電力公司則掌控其他可能新建核電廠址的名單。該公司表示，他們所有的口袋廠址名單都適合建廠。英國電力公司已與國家電網公司達成部分輸電連結協議，從2016年起，輸電設施就可依各種反應器形式做調整。據傳，英國電力公司3月時已就未來處理股東資本的選擇性進行討論。RWE公司則表示，他們已經準備斥資250萬歐元，買下政府在英國電力公司32.5%的股份。

英國商業企業部長胡頓表示，政府的當務之急是維持住基本氣勢，確保該國自1994年以來第一座新核能電廠，能在10年內順利運轉的政策目標。由於全球核能復興，但只有一定數量的公司具有建廠的技術，因此胡

頓進一步強調建廠時機的重要：「我希望英國是在潛在核能投資排隊名單的前幾名，而不是吊車尾。」他期許英國20年內能加重核能發電比例，超過現有的19%。NDA 6/3/08, BERR 6/3/08, WNN 6 & 18/3/08.

英國成為GNEP第21個會員國

英國成為全球核能夥伴計畫(GNEP)的第21名成員，顯示其核能政策有了新方向，且在全球的燃料循環技術和禁止核武擴散方面，企圖扮演重要角色。英國以往缺席未參加全球核能夥伴計畫一直受到注意，現在該國的加入，意味著全球核能夥伴計畫的會員已囊括了1950年代所有的核能先進國家、聯合國安理會的永久會員國、所有主要的鈾出口國，以及除了印度以外的具有再處理設施的所有國家。WNN 02/26/2008.

挪威考慮開發鈾以外的新燃料-釷

挪威擁有豐富的釷資源。因此挪威政府指派專家小組成立的委員會報告指出，雖然無法正確評估建造釷燃料反應器的可能性，但是值得鼓勵在該國研究用賀登反應器測試釷燃料。挪威並應該加強與國際間的核子科技合作，並培養核工人才，以使釷燃料作為鈾燃料之外的選項保有可能性。該委員會並指出，核能對於永續能源發展可能的貢獻應該獲得認可。Thorium Committee, Feb 2008.

原子能總署認地震無損柏崎刈羽反應器 但東京電力公司已受重擊

2007年日本中越沖強震，導致柏崎刈羽電廠發生放射性物質外洩和火災事故。4部反應器因接近震央，劇烈搖晃而自動關閉停機。全廠7部反應器基於安全考量，迄今仍為停機狀態。停機遙遙無期重創營運者東京電力公司，導致該公司2007會計年度預期損失1,550億日幣。雖然重點反應器無損，但在重新營運前，仍須施做部分土木工程，惟尚未有時間表。整體來說，中越沖地震對於東京電力公司2007年會計年度財務的影響，約在6,035億日圓左右，其中的3/4是為了替代柏崎刈羽電廠停機的800萬瓩容量，購置燃料所增加的費用。WNN 01/30/2008, 02/27/2008.

中國大陸福建省開始建造新反應器

位於福建省東北海岸秦嶼鎮的寧德核電廠，6部機組中的第1部反應器已經開始動工。一期工程包括建造4部耗資71.45億美元的百萬瓩機組，國產組件將超過7成，首部CPR-1000型反應器將於2012年上線。WNN 02/18/2008.

菲律賓委託國際核能調查

菲律賓政府委託國際原子能總署，針對其巴坦核電廠1號機能否符合經濟度安全運

轉和該國核能的政策架構應如何發展提出建議。菲律賓由於在1973年發生石油危機，因而建造了巴坦核電廠62.1萬瓩的反應器。反應器在1984年完成，雖然經常性地維護，但卻從未運轉。目前菲律賓日益增加對進口石油和煤的依賴，因此核能發電又回歸到政府的選項中。WNN 01/29/2008.

土耳其敲定核能電廠廠址

土耳其政府決定，將在東部地中海岸的阿庫由建造第一座核能發電廠。阿庫由從1970年代到2000年，一直是政府的建廠口袋名單，因此有持照上的優勢。

主事者土耳其電力貿易協議公司正徵求各界投標，第一座核能電廠可能會採民間企業投資，再把電轉賣給政府15年的模式。反應器型式和建廠安排等正式決策，大概會在2008年底公布，預計2014年可商轉。新電廠未來10年可為土耳其帶來500萬瓩的發電容量。

土耳其原先計畫的廠址，是北部的黑海海岸港市西諾普。西諾普廠址跟阿庫由相較，原本有冷卻水溫低5度的優勢，可讓發電量增加1%。然而土耳其政府似乎另有打算，該址現被規劃為下座核能電廠廠址和研發經費達17億歐元的核能科技中心。AFP 02/12/2008, WNN 02/13/2008.

加拿大新布朗斯威克省 下一部反應器有譜？

加拿大新布朗斯威克省政府委託調查的報告顯示，在某些可能的情況下，例如將電力出口到美國東北部等，在里普岬興建第2部反應器可行性相當高。里普岬現有的63萬瓩反應器，正進行耗資14億美金的更新計畫。先前曾有興建里普岬第2部反應器的提案提出，但還需要增設輸電設備配合。

加拿大原子能公司肯杜反應器小組，在里普岬實施了可行性評估。若獲政府通過，該址將會是第一座採用加拿大ACR-1000型反應器(110萬瓩)的核能電廠。肯杜反應器小組在2006年成立，宗旨在統包的基礎上提供固定建廠價格的核能電廠。省政府所有的NB電力公司將會是持照和經營者，新電廠可採民間集資經營或由政府公債籌資。NB govt 02/04/2008.

民間力促核能電廠選址 安大略省政府動作積極

加拿大安大略省南蒂科克火力發電廠，鄰近地區的居民力促省政府，考慮在該址興建核能電廠。跟目前兩座興建中核能電廠之一的布魯斯廠址相比，將於2014年關閉的南蒂科克火力發電廠的優勢，在於已有輸配電網基礎設施。然而加國政府目前僅針對布魯斯和達靈頓兩址進行環境評估。

另一方面，安大略省政府邀集亞瑞華、加拿大原子能、奇異-日立和西屋公司，提出在布魯斯、達靈頓其一或兩地新建反應器的提案。預期新計畫會增加200-350萬瓩的發電容量。投標工作將由安大略建設局負責執行，並邀請能源、財政部、布魯斯電力和安大略電力公司派代表參加。安大略省的20年能源計畫要求達到能源效率收益630萬瓩、在2025年前將再生能源發電容量加倍到1,570萬瓩、2014年底前停止燃煤發電、尖峰時段增加天然氣發電和維持核能發電基載營運容量，最高到目前裝置的1,400萬瓩電等目標。
Star 03/19/2008, WNN 03/10/2008

世界已知鈾資源增加17%

國際原子能總署高層表示，在最近一期「紅皮書」出版後的2年，全世界已知的鈾資源已增加17%。日益飆漲的鈾價激勵了鈾礦探勘，並且使以往其他不具開採價值的鈾資源，重新獲得關愛的眼神，獲得再評估的機會。IAEA 03/03/2008.

日本預見擴展核能的契機

日本經濟產業省為能源相關科技出版了「Cool Earth 50」計畫報告，提出在2050年之前，全世界溫室氣體排放量減半的目標。經產省列出21項重點技術，提出發展藍圖。報告分析，先進核能技術應當可以做出每年減少近100億噸二氧化碳釋出的重大貢獻。全世界若增加15億瓩的核能機組容量－約為目前的5倍，將可達成此目標。JAIF 03/12/2008.

新鈾礦和核能指數上線

世界核能協會和S-Network LLC公司合作設立核能工業指數，以60多家核能領導企業的財務狀況為基準，提供各界一窺蓬勃發展的核工業指標。世界核能指數(WNAI)相關金融產品預計在3月底出爐，並受嚴格規範，共有64家公司參與，市值總計1.2兆美元。包含：

- 反應器廠商：15%，4家公司
- 建造：15%，8家公司
- 核子燃料：20%，9家公司
- 發電：25%，15家公司
- 技術、設備和服務：25%，28家公司

完整資訊可上WNAI網站http://wna.snetglobalindexes.com/

世界能源委員會：歐盟應發展核能

世界能源委員會在一項關於潛在能源危機的2年期研究中指出，歐洲需要能聚焦能源供應安全的共同政策。此外，針對類似核能的技術，必須採取更開放的態度並降低對進口能源的依賴、實現對京都議定書的承諾。核能發電應在歐盟與其鄰近國家的能源政策中，扮演重要的角色。因此對能源供應網不堪一擊的歐洲而言，投資新發電容量更顯急迫。WEC, WNN 02/07/2008.

美國反應器第5與第6件執照申請案

進步能源公司為位於北卡羅萊納州哈里斯廠址的2部110萬瓩的新反應器提出建廠-營運執照，如果建造計畫確定，首部AP1000型反應機組將於2018年投入營運。

由工業界夥伴合作成立的新興聯合團隊(NuStart)則代表安特基公司，為密西西比州大灣核能電廠，奇異-日立設計的155萬瓩經濟簡化型沸水式反應器，提出另一件建廠-營運執照申請案。Progress Energy 19/2/08, Entergy 02/27/2008.

俄羅斯公布核能擴增計畫

俄羅斯再度確認了於2007年秋季首次公布的大計畫，2020年前要把核能發電容量增加至少1倍。俄羅斯除了興建中的480萬瓩容量之外，預計2016年前還有1,200萬瓩可以完工，2020年前還有另一批約1,600-2,200萬瓩的容量可以加入陣容。發電計畫先前做過些微修正，最後階段勾勒「最樂觀的情境」，增加了5部反應器。根據此項計畫，估計2015年前會流入2,820億美元的投資，2020年前還會有2,040億。俄羅斯原子能機關則受命立即發展行動計畫，吸引資金投資發電事業。預計在2020年前，大部分的電力事業會民營化，並更具競爭力，屆時俄羅斯政府則是掌管如電網之類的自然獨占功能。

屆時核電新容量，多來自由俄式壓水式反應器(120萬瓩)坐鎮的AES-2006型核能電廠，但也有6部30萬瓩的反應器會加入陣容，除此之外，還有第2座搭載兩部4萬瓩反應器的漂浮核能電廠會上線。計畫名單內，唯一的一部快中子反應器BN-800機組，目前在貝洛雅斯克建造中。不過官方尚未公布30萬瓩反應器使用的確切技術，有可能是OKBM公司的俄式VVER-300型壓水式反應器或是較小型的VK-300型沸水式反應器。前者技術是與哈薩克共同研究開發，哈薩克很可能與俄羅斯同步進行擴建核能大計畫，建造首批此型反應器。

然而延宕已久的庫斯克5號機未來仍動向不明，計畫中雖指出「若金援穩定」，可在2010年前完工，但對資金從何而來卻沒有多提。庫斯克5號機是RBMK反應器的升級版，在22年的延宕後，完成了7成的進度。其他長年被歐盟視為心頭刺的RBMK反應器(因車諾比爾事件即是此型反應器)，預計在2024年前會全數關閉，使得庫斯克5號機成為技術孤兒。2016年後，7部小型和2部大型的機組，共計350萬瓩的容量將除役。Rosatom 03/12/2008, RIA Novosti 03/12/2008.